

Die Nasengruben der Vampirfledermaus *Desmodus rotundus*: Sinnesorgane zur Wahrnehmung von Wärmestrahlung

Von L. KÜRTEIN und U. SCHMIDT

Zoologisches Institut der Universität Bonn

Eingang des Ms. 29. 4. 1982

Abstract

The nose pits of the vampire bat Desmodus rotundus: sense organs for infrared reception

Studied was the distribution of thermoreceptive areas in the nose leaf with two vampire bats (*Desmodus rotundus*) that were trained to locate a source of infrared radiation. Applying the local anaesthetic Xylocaine (4 %) in the three nose pits the percentage of correct responses fell to chance level (Xylocaine 1 % resp. water did not influence thermoperception). These results indicate that the nose pits of *Desmodus* are specific sense organs for the reception of infrared radiation.

Einleitung

Die sanguivore Vampirfledermaus (*Desmodus rotundus*) ist in der Lage, thermische Reize wahrzunehmen. SCHMIDT und MANSKE (1982) wiesen nach, daß *Desmodus* bei der Auswahl einer Bißstelle durch Wärmereize beeinflusst werden kann. KÜRTEIN und SCHMIDT (1982) untersuchten die Reaktionsschwellen und stellten fest, daß die Vampirfledermäuse Infrarotstrahlung bis zu einer Intensität von $0,5 \times 10^{-4} \text{ W cm}^{-2}$ perzipieren können. Histologische und thermographische Ergebnisse weisen darauf hin, daß die thermorezeptiven Strukturen (freie Nervenendigungen; KÜRTEIN in Vorber.) in drei Gruben konzentriert sind, die im Nasenaufsatz von *Desmodus* das zentrale Nasen-, „blatt“ von den umliegenden Polstern trennen (Abb. 1). Die hier vorgestellte Arbeit soll diese Hinweise untermauern.

Material und Methode

Die Untersuchungen wurden mit zwei ♂♂ *Desmodus rotundus* durchgeführt, die aus der Zuchtkolonie des Zoologischen Institutes, Universität Bonn, stammten. Sie waren zur Zeit der Versuche zweieinhalb Jahre alt.

Die Dressuren fanden in einer Zweifach-Wahlanlage ($150 \times 65 \times 70 \text{ cm}$) statt. An deren Rückseite befanden sich die Individualkäfige, davor ein Aufenthaltsraum, sowie der eigentliche Wahlraum (Abb. 2). Alle Teile der Anlage waren durch Schiebetüren getrennt, die vom Experimentator über Seilzüge betätigt werden konnten. An der Vorderseite des Wahlraumes waren zwei Anweiser (AW) angebracht, die je aus einem Heizelement (Fläche 224 cm^2), einer dahinterliegenden Kupferplatte (1 mm dick) sowie einem 2 cm starken Holzrahmen bestanden. Beide AW waren leicht austauschbar und in Form, Farbe und Abmessung völlig identisch. Zwischen ihnen befand sich, vom Boden bis zur Decke der Anlage reichend, eine Trennwand (4 cm dick), durch die die AW gegeneinander wärmeisoliert waren. Die Trennwand reichte bis zur Entscheidungslinie in die Anlage hinein (8 bzw. 12 cm). Unter jedem AW war eine $1 \times 2 \text{ cm}$ große Öffnung ausgespart, durch die ein Fütterungsröhrchen eingeschoben werden konnte. Die Unterkante des Heizelementes lag 5 cm über dem Boden des Wahlraumes. Dieser Boden war so in Stufen angeordnet, daß an der Entscheidungslinie sich der Kopf der Tiere in Höhe der Heizelemente befand. Der Versuchsraum hatte konstante Temperatur (24°C) und Luftfeuchte (80 %). Die Beleuchtungsintensitäten innerhalb der Anlage lagen unter 0,3 Lx.

Bei den Versuchsläufen war stets ein AW erwärmt (positive Seite), der andere besaß Raumtemperatur. Nach dem Öffnen der Schiebetür lief das Versuchstier zur Entscheidungslinie und wählte einen



Abb. 1. Kopf einer Vampirfledermaus (*Desmodus rotundus*). Die Pfeile weisen auf die Nasengruben (1 = apikale Grube; 2 = linke laterale Grube)

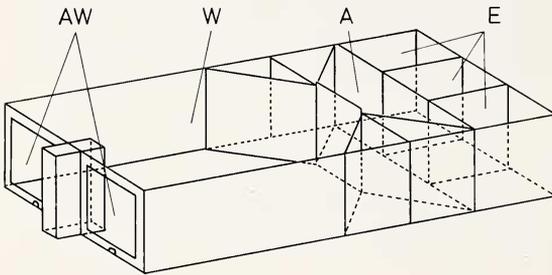
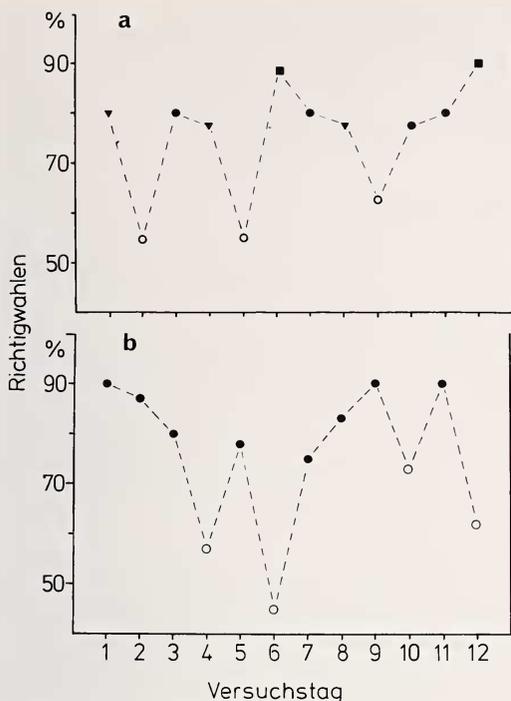


Abb. 2. Versuchsanlage (schematisch). AW = Anweiser (Wärmeplatte); W = Wahlraum; A = Aufenthaltsraum; E = Einzelkäfige zur individuellen Haltung der Versuchstiere

der AW. Bei richtiger Wahl wurde ein Trinkröhrchen eingeschoben, und die Fledermaus konnte ca. 10 s fressen; Negativwahlen durften korrigiert werden. Der Seitenwechsel der AW war zufallsgemäß vorgegeben. Täglich konnten etwa 20 Läufe pro Tier durchgeführt werden. Während der Andressur betrug der Wahlabstand 8 cm; die Temperatur der Heizelemente war auf ca. 50 °C eingestellt. Nach 1200 bzw. 1400 Läufen lag die Wahlsicherheit bei 85 % (Tier A) bzw. 75 % (Tier B).

In einer Eingewöhnungsphase wurden dann den Tieren die Nasengruben mit einem dünnen Pinsel bestrichen. Dieser war in täglichem Wechsel angefeuchtet bzw. trocken. Anschließend erfolgten die Versuchsläufe, bei denen der Wahlabstand 12 cm (Tier A) und 8 cm (Tier B) betrug. Die AW waren auf eine Strahlung von $0,8-1,0 \times 10^{-4} \text{ W cm}^{-2}$ eingestellt; diese Reizintensität hatten die Tiere in der Andressur sicher beantwortet. Um eine akustische Beeinflussung auszuschließen, wurde vor Beginn jedes Laufes der Strom des erwärmten AW ausgeschaltet; der Abfall der Temperatur in der Zeit, die das Tier zum Wählen benötigte, war so gering, daß er vernachlässigt werden konnte.

In der eigentlichen Versuchsphase wurden die Nasengruben mit einem Lokalanästhetikum (Xylocain®) eingepinselt (1%ige bzw. 4%ige Lösung). Die Flüssigkeit wirkte jeweils zwei Minuten ein,



Reste wurden anschließend abgetupft. In einem 12 Tage dauernden Versuch fand abwechselnd Wasser, 1%ige oder 4%ige Lösung Verwendung; an zwei Tagen war der Pinsel beim Bestreichen trocken. Bei Tier B zeigte das Anästhetikum allein keine Wirkung. Deshalb fand in einer weiteren Versuchsserie vor Applikation des 4%igen Xylocains eine Vorbehandlung der Haut in den Nasengruben mit einer 1%igen Lösung Salicylsäure statt, die ein Aufweichen der Haut bewirkt.

Ergebnisse

In den Läufen der Eingewöhnungsphase, bei denen die Nasengruben mit Wasser eingepinselt waren, zeigten die Tiere anfangs eine leichte Verunsicherung. Bereits nach wenigen Tagen verhielten sie sich jedoch wieder völlig normal und wählten signifikant den warmen AW. Auch im weiteren Verlauf des Versuches war ihr Verhalten in keiner Weise verändert. Dies zeigt, daß die Substanzen keine schädlichen Auswirkungen auf den Allgemeinzustand der Tiere hatten. Beim Auftragen der Flüssigkeiten wurde darauf geachtet, daß ausschließlich das Innere der Nasengruben benetzt war. Abbil-

Abb. 3. Veränderung der Wahlsicherheit bei den Ausschaltversuchen. a: Tier A; b: Tier B. Die Haut der Nasengruben wurde folgendermaßen behandelt: ▼ = 1% Xylocain; ● = Wasser; ■ = trocken; ○ = 4% Xylocain

dung 3 gibt den Verlauf des Versuches mit dem täglichen Wechsel des jeweils aufgetragenen Mittels an. Sie zeigt, daß bei Applikation von Wasser, Xylocain 1%, sowie nach Bestreichen mit trockenem Pinsel keine Beeinträchtigung der Wahlsicherheit eintritt, daß jedoch bei den Läufen, bei denen das 4%ige Anästhetikum appliziert worden war (bzw. bei Tier B: 1% Salicylsäure + 4% Xylocain), die Prozentzahl der Richtigwahlen gegenüber allen anderen Tagen stark abfällt. Die Unterschiede sind statistisch hochsignifikant (Vierfeldertest, Abb. 4). Bei Applikation des 4%igen Anästhetikums in die Nasengruben ist die Perception der Wärmestrahlung offensichtlich drastisch reduziert.

	XYLOCAIN 4%	
	A 60% n = 124	B 62% n = 91
FEUCHT	80% n = 99 p < 0,001	84% n = 114 p < 0,001
XYLOCAIN 1%	76% n = 94 p < 0,01	
TROCKEN	81% n = 91 p < 0,001	

Abb. 4. Trennung der Applikationsarten im Vierfeldertest (SACHS 1978). A: Tier A; B: Tier B; % = Prozent Richtigwahlen; n = Stichprobenanzahl

Um zu kontrollieren, ob das Xylocain tatsächlich rezeptive Strukturen in der Haut der Nasengruben ausschaltet, oder aber durch Diffusion in tiefergelegenes Gewebe einen ableitenden Nerv blockiert, wurden bei Tier A an zwei Tagen die Nasenpolster, die halbkreisförmig um die Nasengruben ziehen, mit 4%igem Xylocain behandelt. In diesen Versuchen war die Wärmewahrnehmung nicht eingeschränkt (81 % Richtigwahlen; $p < 0,01$).

Diskussion

Die Fähigkeit zur Wahrnehmung von Wärme ist im Tierreich weit verbreitet (PRECHT et al. 1973); vor allem kutane Thermorezeptoren sind gut untersucht. HENSEL (1975) betont, daß in allen diesen Fällen ein Temperatursinn vorliegt, daß also – unabhängig von der Art der Wärmequelle – die Erwärmung des die Rezeptoren umgebenden Gewebes der adäquate Reiz ist. Die physikalische Ursache dieser Erwärmung kann sehr unterschiedlich sein: in den meisten Fällen dient die Thermoperzeption zur Feststellung der Temperatur des umgebenden Mediums oder zur Perzeption von Kontaktreizen (Erwärmung der Haut durch Konvektion und Leitung); bei einigen Tieren existiert jedoch die Fähigkeit zur Wahrnehmung von Wärmestrahlung. Um die kleinen Energiemengen, die z. B. von einem warmblütigen Beutetier abgestrahlt werden, noch wahrnehmen zu können, ist bei diesen Tieren die rezipierende Region anatomisch und histologisch so gestaltet, daß der Reiz optimal genutzt werden kann. Ein bekannter Fall sind die Grubenorgane der Crotaliden, deren nur 15 µm dicke Membran schon von sehr geringen Strahlungsintensitäten erwärmt wird (BULLOCK und DIECKE 1956; DE COCK BUNING et al. 1981). Die Anordnung dieser Membran in zwei Gruben ermöglicht außerdem eine Richtungswahrnehmung. Dies ist auch bei einigen Boiden durch Anordnung der Rezeptoren in Lippengruben der Fall (WARREN und PROSKE 1968; DE COCK BUNING et al. 1978).

In den hier vorgestellten Versuchen gelang es – durch begrenzte Applikation eines Anästhetikums in die Nasengruben –, die Fähigkeit der Vampirfledermäuse, Infrarotstrahlung wahrzunehmen, reversibel auszuschalten; die Auftragung des Anästhetikums auf benachbarte Gebiete (Kontrollversuch mit Xylocain-Behandlung der Polster) führte dagegen nicht zu einer Beeinträchtigung. Dies weist darauf hin, daß

1. die thermosensitiven Strukturen auf die Nasengruben beschränkt sind, und daß
2. das Xylocain nicht in benachbarte oder tiefergelegene Gebiete diffundiert.

Die von uns verwendete Lösung des Anästhetikums (4 %, als Hydrochlorid) ist vom Hersteller für die Anwendung auf Schleimhäuten vorgesehen; bei Verwendung auf keratinisierter Haut werden dagegen eine Öl/Wasser-Emulsion und 60 min Einwirkzeit empfohlen (pers. Mitteilung der Fa. ASTRA, Schweden). Wir mußten bei Tier B zusätzlich Salicylsäure auftragen, um einen Effekt zu erzielen. Man kann daher davon ausgehen, daß das Xylocain nur in oberflächliche Gewebe eindringt und tieferliegende afferente Nerven nicht beeinflusst.

Die Beschaffenheit der Haut in den Gruben erfüllt alle Voraussetzungen für eine optimale Ausnutzung eines Infrarotreizes (KÜRTEEN und SCHMIDT 1982). So fehlen dort z. B. jegliche Drüsen, deren Sekrete die Aufnahme der Strahlung behindern könnten. Das dichte Bindegewebe, das der Nasenregion unterlegt ist, hat in diesem Zusammenhang zwei Funktionen: Durch seine isolierenden Eigenschaften verhindert es zum einen die Leitung der von der Haut aufgenommenen Wärme in Gewebeschichten unterhalb der Rezeptoren, zum anderen schirmt es die Gruben von der Körperwärme ab und erleichtert so die Rezeption niedriger Strahlungsenergien.

Die Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß die Nasengruben von *Desmodus* ein Sinnesorgan zur Wahrnehmung von Wärmestrahlung darstellen. Die Anordnung der rezeptiven Strukturen in einem Organ, das eine optimale Ausnutzung des Reizes ermöglicht, gleicht den Nachteil der geringen Größe der Tiere und der deshalb geringen rezeptiven Fläche aus.

Die Vampire vermögen die Wärmestrahlung, die von einem Warmblüter ausgeht, noch in 13–16 cm Entfernung wahrzunehmen (KÜRTEEN und SCHMIDT 1982). Diese Fähigkeit könnte bei der Lokalisation und Selektion einer geeigneten Bißstelle eingesetzt werden. Freilanduntersuchungen haben z. B. gezeigt, daß die Vampirfledermäuse bei ihren Beutetieren (Rinder, Pferde) oft direkt oberhalb des Hufes beißen oder alte Bißwunden neu öffnen (SCHMIDT 1978). Die Temperaturdifferenz zwischen dem Huf und dem durchbluteten Gewebe kann ohne Schwierigkeiten von den Vampiren perzipiert werden. *Desmodus* ist es damit gelungen, sich beim Nahrungserwerb die Wärmestrahlung der Beutetiere als zusätzliche Orientierungshilfe nutzbar zu machen.

Zusammenfassung

Bei zwei Vampirfledermäusen (*Desmodus rotundus*), die in einer Zweifach-Wahlanlage darauf dressiert waren, eine Wärmequelle zu lokalisieren, wurde untersucht, welche Bereiche des Nasenaufsatzes für die Perzeption von Infrarotstrahlung verantwortlich sind. Bei Applikation des Lokalanästhetikums Xylocain® (4%ig) in die drei Nasengruben fiel die Wahlsicherheit in den Zufallsbereich (1%iges Xylocain bzw. Wasser beeinflussen die Thermoperzeption nicht). Aus diesen Ergebnissen wird geschlossen, daß die Nasengruben von *Desmodus* ein spezifisches Sinnesorgan zur Wahrnehmung von Wärmestrahlung darstellen.

Literatur

- BULLOCK, T. H.; DIECKE, F. P. J. (1956): Properties of an infrared receptor. *J. comp. Physiol.* **134**, 47–87.
- DE COCK BUNING, T.; POELMANN, R. E.; DULLEMEIJER, P. (1978): Feeding behavior and the morphology of the thermoreceptors in *Python reticulatus*. *Netherlands J. Zool.* **28**, 62–93.
- DE COCK BUNING, T.; TERASHIMA, S.; GORIS, R. C. (1981): Crotaline pit organs analysed as warm receptors. *Cell. Mol. Neurobiol.* **1**, 69–85.
- HENSEL, H. (1975): Static and dynamic activity of warm receptors in *Boa constrictor*. *Pflügers Arch.* **253**, 191–199.
- KÜRTEEN, L.; SCHMIDT, U. (1982): Thermoperzeption in the common vampire bat (*Desmodus rotundus*). *J. comp. Physiol.* **146**, 223–228.
- PRECHT, H.; CHRISTOPHERSEN, J.; HENSEL, H.; LARCHER, W. (1973): *Temperature and life*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- SACHS, L. (1978): *Angewandte Statistik*. 5. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- SCHMIDT, U. (1978): Vampirfledermäuse. Die neue Brehm Bücherei 515. Wittenberg: Ziemsen.
- SCHMIDT, U.; MANSKE, U. (1982): Thermopräferenz bei der Gemeinen Vampirfledermaus (*Desmodus rotundus*). *Z. Säugetierk.* **47**, 118–120.
- WARREN, J. W.; PROSKE, U. (1968): Infrared receptors in the facial pits of the australian python *Morelia spilotes*. *Science* **159**, 439–441.

Anschrift der Verfasser: LUDWIG KÜRTEEN, Prof. Dr. UWE SCHMIDT, Zoologisches Institut der Universität Bonn, Poppelsdorfer Schloß, D-5300 Bonn